

# 异色瓢虫对白毛蚜捕食作用的研究\*

李照会 郑方强 叶保华 齐登珠 李爱民

(山东农业大学植保系,泰安 271018)

**摘要** 试验研究了异色瓢虫 *Leis axyridis* (Pallas) 各龄幼虫和成虫对白毛蚜 *Chaitophorus populiabae* 无翅成蚜的捕食功能反应及其成虫的寻找效应。功能反应均属 Holling II 型。异色瓢虫成虫寻找效应和自身密度之间的关系用 Hassell & Varley (1969) 模型  $E = QP^{-m}$  和 Beddington (1975) 模型  $E = aT/[1 + bT_w(P - 1)]$  进行了模拟, Beddington 模型更好地反映寻找效应和瓢虫密度之间的关系。寻找效应与瓢虫成虫自身密度和蚜虫密度之间的关系用 Beddington (1975) 模型  $E = aT/[1 + a_1N + b_1(P - 1)]$  进行描述,表明寻找效应( $E$ )随瓢虫密度( $P$ )和猎物蚜虫密度( $N$ )的增大而下降。

**关键词** 异色瓢虫 白毛蚜 功能反应 寻找效应

异色瓢虫 *Leis axyridis* (Pallas) 是蚜虫的重要捕食性天敌,在自然条件下,发生数量较大,且能侵入各种环境如农田、园林及森林,对环境适应力较强,控制蚜虫作用明显。我们在研究白毛蚜 *Chaitophorus populiabae* (Boyer et Fonscolombe) 发生规律及防治时,发现异色瓢虫在毛白杨上发生数量较大,对白毛蚜种群数量控制作用较强。为此,在室内研究了异色瓢虫-白毛蚜这一捕食者-猎物系统的捕食作用,以期利用异色瓢虫控制蚜虫提供科学依据。

## 材料与方 法

### 一、异色瓢虫各龄幼虫及成虫对白毛蚜无翅成蚜的功能反应测定

在大培养皿 ( $\Phi = 9.8\text{cm}$ ,  $h = 1.8\text{cm}$ ) 内进行,皿底铺以湿润的吸水纸,每皿置 1 头异色瓢虫 1—4 龄幼虫或成虫(试验前均先饥饿半天),猎物蚜虫采自毛白杨树,蚜虫密度处理 6 组,每组 5 次重复,24 小时后检查猎物被捕食量。猎物密度为: 1 龄幼虫 4、6、8、10、12、14 头蚜虫; 2 龄幼虫 8、12、16、20、24、28 头蚜虫; 3 龄幼虫 12、18、24、30、36、42 头蚜虫; 4 龄幼虫 32、48、64、80、96、112 头蚜虫;成虫 40、60、80、100、120、140 头蚜虫。

### 二、异色瓢虫成虫寻找效应的测定

在大培养皿 ( $\Phi = 9.8\text{cm}$ ,  $h = 1.8\text{cm}$ ) 中放白毛蚜无翅成蚜 200 头及不同密度的瓢虫(试验前先饥饿半天),瓢虫密度分别为 1、2、4、8、12、16 头,共 6 组,每组重复 4 次,24 小时后检查蚜虫被食量,并计算其寻找效应。

实验均在室温平均 25—26℃,相对湿度平均 80% 条件下进行的。

## 结 果 与 分 析

### 一、异色瓢虫对白毛蚜无翅成蚜的功能反应

本文于 1991 年 3 月收到。

\* 本文承蒙山东农业大学牟吉元教授审阅,甚表感谢!

功能反应是指 1 头捕食者当猎物密度变化时它所捕食猎物数量的变化。它是测定捕食者捕食潜能较为理想的方法。异色瓢虫对白毛蚜的捕食量见表 1。

将表 1 中试验结果绘成散点图，见图 1。

表 1 异色瓢虫在不同猎物密度下的捕食量

1 龄幼虫	猎物密度 (N)	4	6	8	10	12	14
	捕食量 (N <sub>e</sub> )	2	4	4.5	4.6	4.4	4.6
2 龄幼虫	猎物密度 (N)	8	12	16	20	24	28
	捕食量 (N <sub>e</sub> )	5	7.5	8.5	11.8	13.1	13
3 龄幼虫	猎物密度 (N)	12	18	24	30	36	42
	捕食量 (N <sub>e</sub> )	8.4	11.6	14.8	19.2	20.6	20.8
4 龄幼虫	猎物密度 (N)	32	48	64	80	96	112
	捕食量 (N <sub>e</sub> )	26.6	30	40	43	58.8	60
成虫	猎物密度 (N)	40	60	80	100	120	140
	捕食量 (N <sub>e</sub> )	33.4	37	43.5	68.4	66.2	79.4

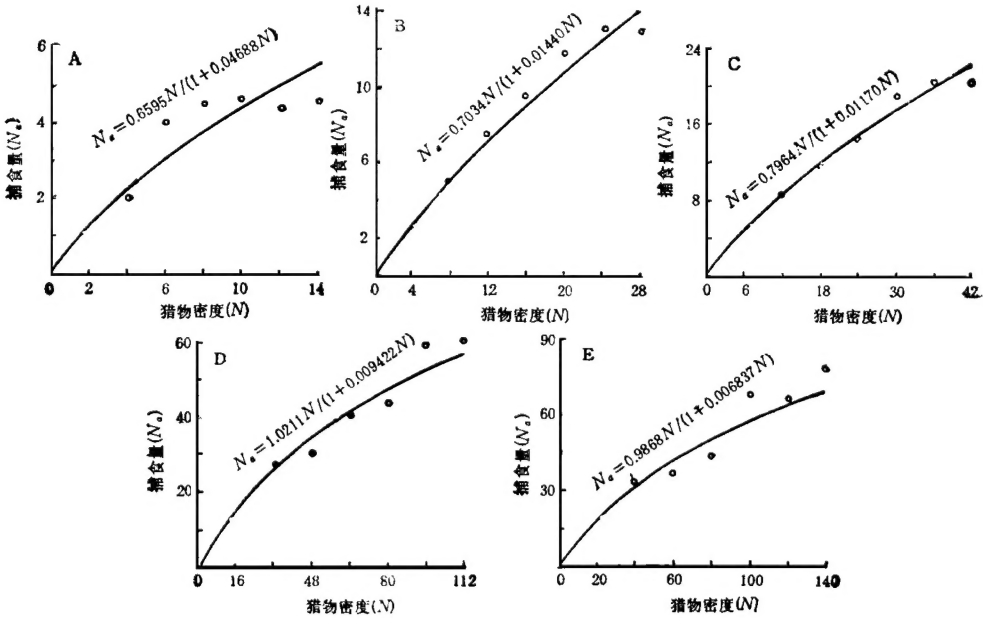


图 1 异色瓢虫 1—4 龄幼虫及成虫对白毛蚜无翅成蚜的功能反应

异色瓢虫的捕食量与白毛蚜密度呈逆密度制约关系(图 1),其功能反应属 Holling II 型,故以 Holling 圆盘方程来拟合实验数据(表 2) (Holling, 1959a)。功能反应模拟曲线见图 1。

表 2 异色瓢虫对白毛蚜无翅成蚜的功能反应

虫态、虫龄	功能反应线性方程	相关系数 ( <i>r</i> )	圆盘方程	卡方值 ( $\Sigma X^2$ )	瞬间攻击率 ( <i>a'</i> )	处理时间 ( <i>T<sub>a</sub></i> )	日最大捕食量 ( <i>N<sub>a,max</sub></i> )
1 龄幼虫	$\frac{1}{N_a} = 1.5164 \frac{1}{N} + 0.07109$	0.9015*	$N_a = \frac{0.6595N}{1 + 0.04688N}$	0.674	0.6595	0.07109	14.1
2 龄幼虫	$\frac{1}{N_a} = 1.4216 \frac{1}{N} + 0.02047$	0.9915**	$N_a = \frac{0.7034N}{1 + 0.01440N}$	0.23	0.7034	0.02047	48.9
3 龄幼虫	$\frac{1}{N_a} = 1.2557 \frac{1}{N} + 0.01469$	0.9953**	$N_a = \frac{0.7964N}{1 + 0.01170N}$	0.25	0.7964	0.01469	68.1
4 龄幼虫	$\frac{1}{N_a} = 0.9793 \frac{1}{N} + 0.009227$	0.9583**	$N_a = \frac{1.0211N}{1 + 0.009422N}$	2.18	1.0211	0.009227	108.4
成 虫	$\frac{1}{N_a} = 1.0134 \frac{1}{N} + 0.006928$	0.9833**	$N_a = \frac{0.9868N}{1 + 0.006837N}$	4.64	0.9868	0.006928	144.3

从表 2 中看出,异色瓢虫幼虫随着虫龄的增大,瞬间攻击率(*a'*)随之增大,处理时间(*T<sub>a</sub>*)随之缩短,最大捕食量(*N<sub>a,max</sub>*)依次增大,说明较大虫龄的幼虫搜寻的快,捕食成功的机会较大。而成虫的处理时间短于 4 龄幼虫,故最大捕食量也明显大于 4 龄幼虫,这可能是与幼虫过渡到成虫体内物质大量消耗而加快捕食有关。

二、异色瓢虫成虫的寻找效应

寻找效应是捕食性天敌或寄生性天敌在捕食或寄生过程中,对于寄主攻击的一种行为效应。天敌对寄主作用的大小与其本身的寻找力有关。寻找效应的高低决定于猎物密度和捕食者密度。定义为:  $E = N_a / N \cdot P$ 。

*E* 为寻找效应, *N<sub>a</sub>* 为被攻击的猎物数, *N* 为猎物密度, *P* 为捕食者密度。

不同密度异色瓢虫成虫对白毛蚜的寻找效应见表 3。

表 3 异色瓢虫成虫对白毛蚜的寻找效应

瓢虫密度 ( <i>E</i> )	1	2	4	8	12	16
寻找效应 ( <i>P</i> )	0.37	0.2975	0.195	0.12	0.08208	0.06125

1. 据 Hassell & Varley (1969) 提出的干扰模型估计寻找效应(*E*)

Hassell & Varley 提出寻找效应(*E*)和捕食者密度(*P*)的关系为:

$E = Q P^{-m}$  或  $\log E = \log Q - m \log P$

其中 *Q* 为探索常数,表示捕食效应的水平即 *P* = 1 时寻找效应的测度; *m* 为相互干扰常数,衡量捕食者之间的干扰程度。二者均反映捕食者种的特点。

据表 2 的 *E*、*P* 值,经拟合求得:

$\log E = -0.3679 - 0.6555 \log P \quad (r = -0.9864^{**})$

$Q = 0.4286 \quad m = 0.6555$  所以  $E = 0.4286 P^{-0.6555}$

寻找效应( $E$ )和瓢虫密度( $P$ )之间的关系见图 2 实线所示。

图 2 可见, 寻找效应随着瓢虫密度的增大而呈指数减小。从  $m$  值(0.6555)看, 异色瓢虫成虫在限定的空间内存在较强的干扰, 由于干扰, 造成寻找时间延长, 导致寻找效应下降。

2. 根据 Beddington (1975) 提出的寻找效应和捕食者密度关系模型估计寻找效应。

在假定处理时间为零时(事实上处理时间很小), Beddington (1975) 推导出寻找效应与捕食者密度之间的关系为  $E = aT/[1 + b t_w(P - 1)]$ 。

其中  $a$  为干扰下的攻击率,  $T$  为试验时间(这里  $T = 1$ ),  $b$  为捕食者之间的相遇率,  $t_w$  为每个捕食者一次相遇消耗的时间, 这里  $b \cdot t_w$  作为一整体不可分,  $P$  为捕食者密度。

将上述关系式线性化, 得:

$$\frac{1}{E} = \frac{1 - b t_w}{a} + \frac{b t_w}{a} \cdot P$$

令  $A = \frac{1 - b t_w}{a}$   $B = \frac{b t_w}{a}$  经拟合得线性方程:

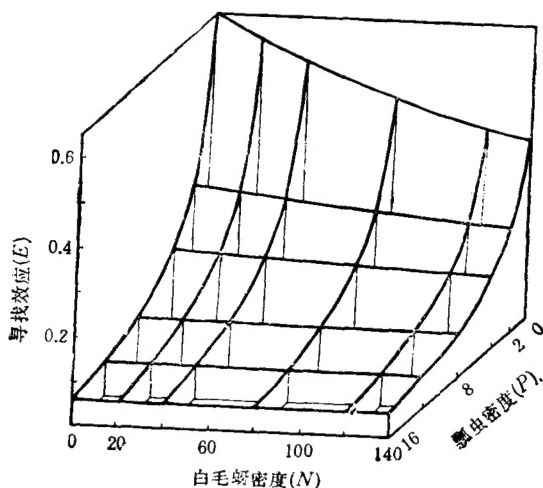


图 3 异色瓢虫成虫寻找效应( $E$ )与自身密度( $P$ )和猎物白毛蚜密度( $N$ )之间的关系

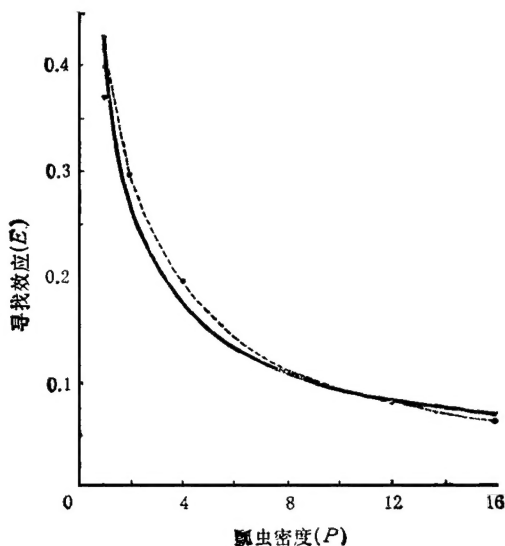


图 2 异色瓢虫成虫寻找效应( $E$ )与自身密度( $P$ )之间的关系

$$\text{——} E = 0.4286P^{-0.6555}$$

$$\text{-----} E = 0.4108/(0.6288 + 0.3712P)$$

$$\frac{1}{E} = 1.5306 + 0.9035P (r = 0.9986^{**})$$

由  $A, B$  求得  $a = 0.4108, b t_w = 0.3712$

寻找效应( $E$ )和异色瓢虫自身密度( $P$ )之间的关系模型为:

$E-P$  关系如图 2 虚线, 可以看出  $E$  随着  $P$  的增大而减小, 这与  $E = QP^{-m}$  曲线较为接近。但从寻找效应散点图分布看, 寻找效应实测值更接近  $E = aT/[1 + b t_w(P - 1)]$  曲线, 说明 Beddington 模型能更好地描述异色瓢虫成虫寻找效应与自身密度之间的关系。

3. 寻找效应( $E$ )与瓢虫自身密度( $P$ )和猎物蚜虫密度( $N$ )之间的关系

Beddington (1975) 提出, 在考虑处

理时间( $t_h$ )(即每个捕食者用于处理猎物而消耗的时间,可从 Holling 圆盘方程中获得)的情况下,捕食者用于捕食猎物的总时间为搜寻时间( $T_s$ )、处理时间( $T_h = t_h NT_s$ )和相遇时间 [ $T_p = bt_w(P-1)$ ]。便推导出寻找效应与猎物密度和捕食者密度之间的关系为:  $E = aT/[1 + at_hN + bt_w(P-1)]$ 。

根据已求得的参数  $a$ 、 $bt_w$  和  $t_h$  (从圆盘方程得来),代入上述模型,得:

$$E = 0.4108/(0.6288 + 0.002846N + 0.3712P)$$

即为异色瓢虫成虫寻找效应与瓢虫密度和白毛蚜密度之间的关系,三者之间的关系见图 3。

从图 3 看出,寻找效应随着瓢虫密度和蚜虫密度的增大呈双曲面下降,当瓢虫密度大于 8 头后,寻找效应的下降趋于平缓。这一模型从猎物密度和捕食者密度两方面出发,较实际地探讨了对寻找效应的影响。当猎物密度增大时,捕食者总的处理时间会加长,则导致寻找效应不会太高,而当捕食者密度增大时,则由于干扰频繁而限制了寻找效应增大。

## 小 结 与 讨 论

1. 异色瓢虫 1—4 龄幼虫及成虫对白毛蚜无翅成蚜的功能反应均属 Holling II 型。

2. 本试验用 Hassell & Varley (1969) 和 Beddington (1975) 两种模型估计了异色瓢虫成虫不同密度下的寻找效应,从寻找效应实测值散点图分布看,利用  $E = aT/[1 + bt_w(P-1)]$  估计寻找效应较  $E = QP^{-m}$  准确(至于是否所有实例皆如此,有待多个实例来验证)。因为 Beddington 模型较具体地研究了捕食者在干扰下的行为机制,如干扰下的攻击率、捕食者之间相互干扰消耗的时间和相遇率,而  $E = QP^{-m}$  则缺乏这一点,但这一模型也有其优点,估计参数很简单,据干扰常数  $m$  判断捕食者与猎物系统的稳定性。 $E = QP^{-m}$  只有在  $\log E$  和  $\log P$  之间关系为线性时才使用,因为在某些情况下  $\log E$  和  $\log P$  之间关系不为线性而为曲线关系,此时则不能使用这一模型 (D. J. Rogers 和 M. P. Hassell, 1974), 但能使用 Beddington 提出的  $E = aT/[1 + bt_w(P-1)]$  模型 (Beddington, 1975), 并且在这一模型中,当  $bt_w$  值较小时  $\log E$  和  $\log P$  的关系为曲线,而当  $bt_w$  值较大时(即干扰程度较强时)为直线关系 (D. J. Rogers 和 M. P. Hassell, 1974; Beddington, 1975)。因此 Beddington 模型具有代表性及普遍性,而且估计参数也较简单。

3. 试验测得的寻找效应当异色瓢虫成虫密度( $P$ )为 1 时是 0.37, 这一数值并不高,这很可能与该瓢虫对白毛蚜虫龄(态)的捕食选择性有关,本试验没有从捕食选择性这方面去探讨对寻找效应的影响。

4. 试验是在限定的空间进行的,所测数据与自然情况相差可能较大,但能为利用异色瓢虫提供必要的信息。

## 参 考 文 献

- 丁岩钦 1980 昆虫种群数学生态学原理与应用。科学出版社。  
 丁岩钦等 1986 中华草蛉对棉铃虫与棉蚜的捕食作用研究。生物防治通报 2(3): 97—102。  
 李超等 1982 草间小黑蛛对棉铃虫幼虫的捕食作用及模拟模型的研究: I. 捕食者——单种猎物系统的研究。生态

学报 2(3): 239—54。

李祖荫等译 1981 (G. C. 瓦利等著)昆虫种群生态学分析方法。科学出版社。

赵志模等 1984 生态学引论。科学技术文献出版社重庆分社。

陆自强 1989 长突毛瓢虫的研究。生物防治通报 5(4): 157—60。

Beddington, J. R. 1975 Mutual interference between parasites or predators and its effect on searching efficiency. *J. Ani. Eco.* 44: 331—40.

Hassell, M.P. 1971 Mutual interference between searching insect parasites. *J. Ani. Eco.* 40:473—86.

Hassell, M.P. and R.M. Way 1973 Stability in insect host-parasite models. *J. Ani. Eco.* 42: 693—726.

Holling, C.S. 1959a Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can. Entomol.* 91:385—98.

Holling, C.S. 1969 Principle of insects predation. *Ann. Rev. Entomol.* 6: 163—82.

Holling, C.S. 1966 The functional response of invertebrates predators to prey density. *Mem. Ent. Soc. Can.* 48: 5—15.

Rogers, D.J. & Hassell, M.P. 1974 General models for insect parasites and predators searching behavior: Interference. *J. Ani. Eco.* 43: 239—53.

## PREDATION OF *LEIS AXYRIDIS* ON *CHAITOPHORUS POPULIALBAE*

LI ZHAO-HUI ZHENG FANG-QIANG YIE BAO-HUA

QI DENG-ZHU LI AI-MIN

(Department of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian 271018)

Laboratory studies show that the functional responses of 1—4 instar larvae and adult of *Leis axyridis* to wingless adult aphids *Chaitophorus populialbae* belong to Holling II type. The relationship between searching efficiency ( $E$ ) and the adult ladybird density ( $P$ ) is described by Hassell & Varley's model  $E = QP^{-m}$  and Beddington's model  $E = aT/[1 + bT_w(P - 1)]$  as  $E = 0.4286P^{-0.655}$  and  $E = 0.4108/(0.6288 + 0.3712P)$ , respectively. Both models demonstrate that the searching efficiency declines with increase of the ladybird density, but Beddington's model can describe the relationship better than Hassell & Varley's model. The relationship between searching efficiency ( $E$ ) and the prey density ( $N$ ) and the adult ladybird density ( $P$ ) is described by Beddington's model  $E = aT/[1 + aT_hN + bT_w(P - 1)]$  as  $E = 0.4108/(0.6288 + 0.002846N + 0.3712P)$ , i.e. the searching efficiency declines when the adult ladybird and the prey densities increase.

**Key words** *Leis axyridis*—*Chaitophorus populialbae*—functional response—searching efficiency